

Title	磁場による宇宙線ミュオンの遮蔽
Author(s)	
Citation	令和2（2020）年度学部学生による自主研究奨励事業 研究成果報告書
Issue Date	2021-04
oaire:version	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/80640
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

令和2年度大阪大学未来基金「学部学生による自主研究奨励事業」研究成果報告書

ふりがな 氏 名	まさき せぶん 眞崎 世聞	学部 学科	理学部物理学科	学年	2 年
ふりがな 共 同 研究者氏名		学部 学科		学年	年
					年
					年
アドバイザー教員 氏名	嶋 達志	所属	核物理研究センター		
研究課題名	磁場による宇宙線ミュオンの遮蔽				
研究成果の概要	研究目的、研究計画、研究方法、研究経過、研究成果等について記述すること。必要に応じて用紙を追加してもよい。（先行する研究を引用する場合は、「阪大生のためのアカデミックライティング入門」に従い、盗作剽窃にならないように引用部分を明示し文末に参考文献リストをつけること。）				
<p>1. 研究目的</p> <p>二重β崩壊などの極めて稀に起こる現象の観測には宇宙線は大きなバックグラウンドになる。また、自動運転車やスーパーコンピューターなど、高集積度の半導体を利用する装置では宇宙線によるソフトウェアが無視できない。さらに将来、宇宙に長時間滞在する際、宇宙線による被爆が人体に与える影響も重大である。</p> <p>現在、宇宙線の影響を避ける方法としては、カミオカンデに代表されるように地下深くに実験施設を作り実験することがあげられるが、宇宙や地上においてはこの方法は使うことができない。そこで、1次宇宙線の主成分である陽子や地上における2次宇宙線のミュオンが電荷を持つことに注目し強力な磁場によって軌道を曲げることで宇宙線を減らす方法を考え、その有効性を調べた。</p> <p>2. 研究計画・方法</p> <p>①二台のプラスチックシンチレーター検出器を用いて、同時計数により宇宙線を観測した。ネオジム磁石による磁場がある場合と磁場がない場合においてそれぞれ10日程度測定を行った（図1）。データの収集にはWave Catcherと呼ばれるデータ集積回路を使用した。この測定で、プラスチックシンチレーターの信号波高が最小電離ピークよりも大きく、したがって入射エネルギーが低く磁場で曲がりやすい宇宙線を選別し、磁場あり・なしの比較を行った。</p> <p>②より正確に磁場による遮蔽効果を検証するために、最初の2台に加え2台加えて合計4台のプラスチックシンチレーターを用いて実験を行った（図2）。検出器Cを加えたのは、検出器Aに斜めに入ってきて磁場によって検出器Bを通過する宇宙線を取り除き、検出器Dを加えたのは検出器Bで止まるような低いエネルギーを選ぶためである。①と同様に磁場ある場合と磁場がない場合においてそれぞれ同時計数測定を行った。この測定では、DRS4と呼ばれるデータ収集回路を用いて検出器からの信号を収集した。ここで、①とデータ収集回路が異なるのはWave Catcherが2ch入力であるのに対し、DRS4は4ch入力に対応しているためである。</p>					

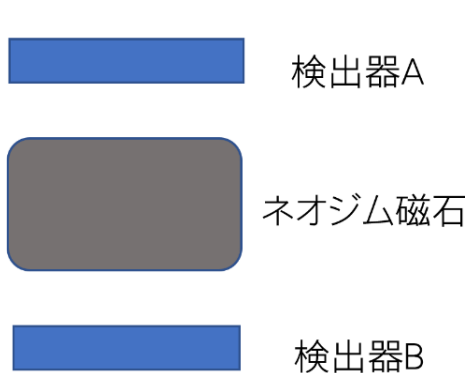


図 1



図 2

3. 研究経過・研究結果

7月10日にレプトン棟に実験装置を構築し動作テストを行い、7月17日から測定を開始した。このときの実験装置は写真1の通りである。そこから磁石を設置するまでの期間に収集したイベントは、解析ソフトの不具合で正常に解析されなかったイベントを除くと 5979071 イベントにとどまった。次に上下の検出器の間に写真2、写真3に示すように磁石を設置し、有効なデータ量として 2700000 イベントを収集した。

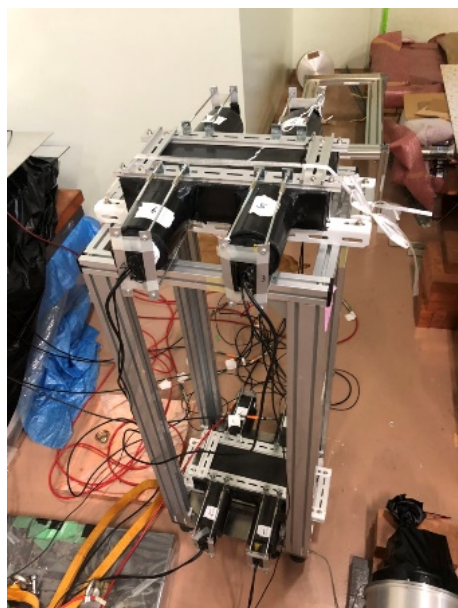


写真 1

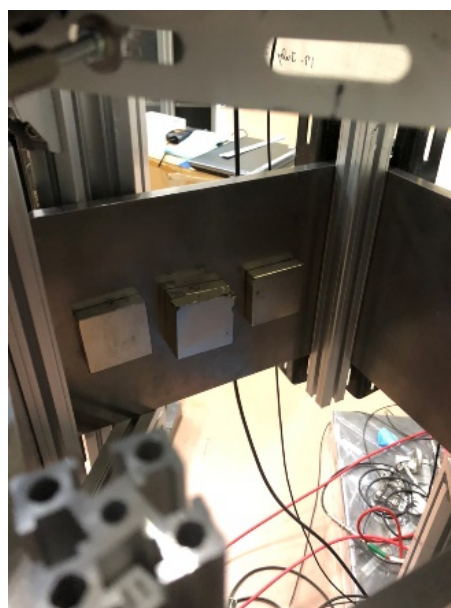


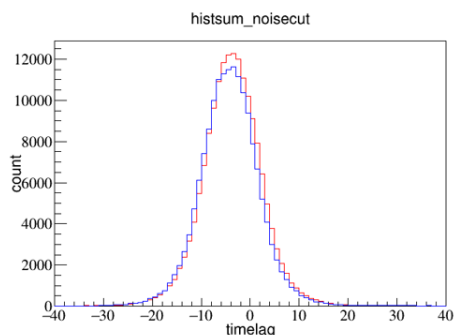
写真 2

磁場の効果を見るために、上下の検出器に信号が現れた時刻の差を磁場あり・なしで比較した。ノイズ以外のすべてのイベントを用いて作成した時間差スペクトルが図3、検出器Aでのエネルギー損失が 18MeV 以上のミュオンだけを取り出した場合の時間差スペクトルが図4である。このときノイズを取り除いたものは分布に顕著な違いが見られなかったが、エネルギー損失 18MeV 以上のイベントでは横軸 0 から 10 あたりに違いが現れた、この差は、磁場によって低エネルギー宇宙線の一部が

除去された可能性を示唆する。具体的にどれだけ減少したかを求めるために横軸の値 0 から 20 までの磁場なしから磁場ありを引いた積分値が磁場によって減った数と見なして遮蔽率を計算したところ、統計誤差を含めて $8.3 \pm 0.6\%$ となった。

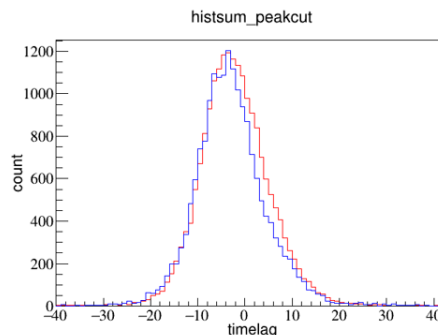
時間差スペクトル (磁場なし/ありの比較)

$$t_{diff} = t_r(bottom) - t_r(top)$$



ノイズを取り除いた場合

図 3



18MeV以上を取り出した場合

図 4



写真 3

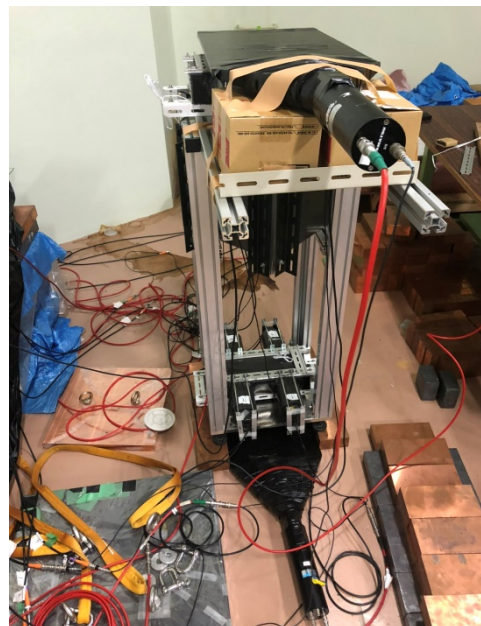
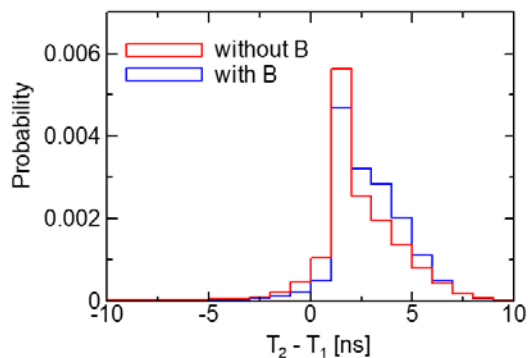


写真 4

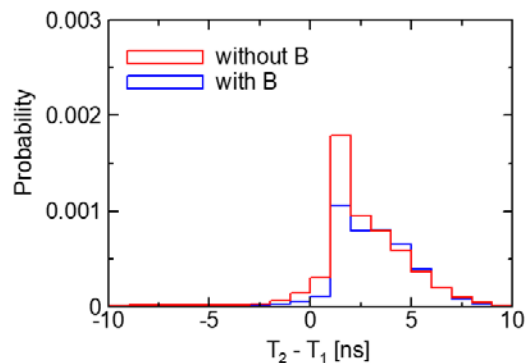
次に、研究計画②を実行するために、10月30日に検出器を4つに増設し(写真4)、磁場なしと磁場ありでそれぞれ、3466565 イベントと 4380000 イベントを収集した。また、11/11 に磁場測定をおこない、中心の磁場が 0.1T 程度であることを確認した。この実験でも解析は root を使用し、上の二台の検出器 (図2の検出器 C と検出器 B) を通った場合(条件1)と、上の二台の検出器を通してその後一番下の検出器 (図2の検出器 D) まで届かない場合(条件2)について調査した。条件1は斜めから来る宇宙線を取り除き、条件2では低エネルギーの宇宙線を選ぶことに対応している。条件1,2においてそれぞれ赤線は磁場なし、青線を磁場ありとして時間差のヒストグラムを作成した(図5,図6)。

二つのヒストグラムを比較するとまず磁場なしは条件1,2ともに形は似ているが、磁場ありは条件1,2で形が異なっている。特にイベントが一番多い1ns~2nsにおいては明らかに条件2の方が減っていることが読み取れるので確かに低いエネルギーにおいて遮蔽効果があると推測することができる。そこで実際どれくらい減っているかを具体的に計算すると、磁場なしから磁場ありをひいたイベントを全体数で割ったものを遮蔽率とすると21%となった。



条件1

図 5



条件2

図 6

実験と解析を通して実際に磁場によって一定の遮蔽あることが確かめられた。ただ今回は磁場分布の測定や高エネルギーの宇宙線の遮蔽など、不十分な点があったので、今後、装置内の磁場分布の確認と最適化を目指していきたい。